Electric and Magnetic Fields and Your Health

A Report of the Working Group on Electric and Magnetic Fields and Health

Health and Welfare Canada | Santé et Bien-être social Canada

Canada

89-EHD-150

Electric and Magnetic Fields and Your Health

A Report of the Working Group on Electric and Magnetic ELF Fields

Environmental Health Directorate
Health Protection Branch

Published by Authority of the
Minister of National Health and Welfare
May 1989

Également disponible en français sous le titre:
"Votre santé et les champs électromagnétiques"

Copies of this publication may be obtained from:
Communications Directorate
Department of National Health and Welfare
5th Floor
Brooke Claxton Building
Ottawa, Ontario
K1A 0K9

©Minister of Supply and Services Canada 1990
Cat. No. H46-2/89-150E
ISBN 0-662-17232-9

90-03856/

Preface

There has been increased concern regarding health effects of extremely low frequency ELF (1-300 Hz) electric and magnetic fields, particularly of those produced by power lines. In response to a request from Canadian labour to the Minister of National Health and Welfare, and following the recommendations of the participants of the meeting organized by the Bureau of Radiation and Medical Devices and held in Toronto on October 29, 1986, a Working Group was formed by the Director General of the Environmental Health Directorate. The members of the group represent Canadian labour, utility companies, academia, and federal and provincial governments. A list of members and their affiliations is enclosed as Appendix A.

The purpose of the group is to assess the existence and scope of health effects of electric and magnetic fields related to the generation and use of electricity in order to identify gaps in knowledge, to foster research to fill these gaps, and to educate the Canadian public on the state of scientific understanding.

This document was prepared to educate the Canadian public regarding health effects of exposure to electric and magnetic fields at 60 Hz. Appendices contain reports on the Working Group's activities, conclusions and recommendations. This document was written by, and reflects the majority opinions of, the Working Group. The Health Protection Branch has published *Electric and Magnetic Fields*, an *Issues* paper on the subject, for the public, media and special interest groups.

Table of Contents

		Page
Preface		2
Introduction		5
What Are People Exposed To?		5
How Strong Are These Fields?		5
How Are These Fields Perceived?		6
Do Electric and Magnetic Fields Affect Health?		6
Are There Any Health Standards?		6
What About Further Research?		6
In Summary		7
Suggested Further Reading		8
Appendices		
A	List of Members of the Working Group	11
B	Working Group Activities, Conclusions, and Recommendations	12
C	Key Research Issues	13
D	Letters to Industry and Granting Agencies	14
E	Review Publications	15

Introduction

We can hardly imagine our everyday life without the use of electricity. High-voltage transmission lines and less prominent distribution lines are a common sight outdoors. In our homes we are accustomed to numerous appliances and other devices such as a TV or a radio that rely on electricity. In recent years, as a result of scientific studies and reports by the media, many people have been asking whether there are harmful health effects from the electric and magnetic fields near power lines, household appliances and other electric devices.

We will examine here the fields to which people are exposed in the course of generation, transmission and use of electricity. Further, we will briefly describe what is known about health effects, then review existing standards and finally indicate what questions remain unanswered.

What Are People Exposed To?

Electricity which is generated in a power station is transmitted to our homes, offices and factories by various transmission systems ranging from high-voltage transmission lines to distribution lines (the term "power lines" refers to both transmission and distribution lines). High-voltage lines can have various voltages, from 110 kilovolts (kV) to 735 kV. Distribution lines have lower voltages ranging from 110 V to 110 kV depending on location. They deliver electricity to homes, schools, factories and other establishments. Most high-voltage lines in Canada carry alternating current (AC); only a few carry direct current (DC). Alternating current (AC), as its name suggests, does not flow steadily but changes its magnitude in a wave-like manner 60 times per second (60 hertz, 60 Hz).

Two types of fields are associated with electricity, the electric field and the magnetic field. The electric field changes with the voltage, and the magnetic field with the current.

An electric field is produced whenever two objects are at a different potential (voltage). The electric field strength is expressed in units of volts per metre (V/m) or kilovolts per metre (kV/m). Notice that 1 kV/m = 1000 V/m.

A magnetic field is produced whenever there is a current flowing in a conductor, for instance a high voltage conductor, or a power cord for appliances. The magnetic field's strength depends on the amount of current flowing in the conductor and the distance from the conductor. The magnetic field is frequently expressed in various units, such as Tesla (T) or Gauss (G). Notice that:

1 Tesla = 10,000 Gauss

Frequently a smaller unit is used, namely 1 microtesla (μT) which is one millionth of a Tesla. One microtesla is equal to one hundredth of a Gauss.

Since both electric and magnetic fields are under power lines and around electrical devices, everyone is exposed to both electric and magnetic fields of 60 Hz.

How Strong Are These Fields?

Electric and magnetic fields at 60 Hz result mostly from man-made sources. They are strongest in the area close to the source (e.g. a power-line or an appliance), and rapidly decrease with distance.

The strongest electric field that the general public can encounter in Canada is about 10 kV/m. Such fields can be found under some high-voltage transmission lines. In Canada, the electric field strength outside a right-of-way of high-voltage transmission lines usually does not exceed 1 kV/m. The right-of-way is a prescribed corridor under a power line, where no permanent buildings can be erected and inhabited. Workers in some electrical occupations (e.g. power-line maintenance) are exposed to stronger electric fields. Table 1 summarizes information on typical electric field strengths in various environments. The field strength rapidly decreases with distance away from the source. Furthermore, trees and buildings would further reduce the electric field.

Unlike electric fields, the strongest magnetic fields are usually not associated with high-voltage transmission lines but occur in occupational situations involving use of high currents such as arc-welding, induction heating and some electric motors. At home, the strongest magnetic fields are found close to some appliances. Table 2 gives summary data for magnetic fields. It should be noted that the magnetic field inside a house close to a high-voltage transmission line may be no higher than in a house far away, since the strength of this field may depend much more on the distribution line and the house's wiring than on the field from the transmission line.

How Are These Fields Perceived?

Both electric and magnetic fields induce weak electric currents in the body. Patterns of flow of these currents are different for the two fields. Strong electric fields can also cause vibration of body hair and a tingling sensation on the skin. In this way people can perceive strong electric fields (above 10 kV/m for most people).

When conducting objects such as vehicles are placed under a high-voltage transmission line, an electric charge (voltage) is induced on them. If a person touches such an object, current will flow through the person between the object and the ground. When the charge is large enough (for large objects and strong fields), the person will experience an electric shock or a spark. There are standards regarding metal fences and structures to limit the charges so that people are not subjected to dangerous shocks.

Do Electric and Magnetic Fields Affect Health?

There has been a considerable amount of research carried out in various countries on health effects of exposure to electric and magnetic fields at 60 Hz. Studies have included medical surveys of health status of workers in utility companies, epidemiological evaluations of various human populations, laboratory experiments with animals and isolated cells. Until recently, laboratory experiments have concentrated mostly on exposures to electric fields. Most of the studies have not indicated biological effects which are likely to be detrimental to health. However, a few studies have indicated that exposure to some electric and/or magnetic fields may present a health hazard. The highlights of these studies are as follows:

(1) Epidemiological studies, which are studies of patterns and causes of death and disease in human populations, have looked for an association between exposure to 60 Hz field and cancer. Two types of studies have been done. In the first, death and the cancer incidence for workers in so-called electrical occupations, in which workers have been presumed to be exposed to electric and magnetic fields, and for non-electrical workers have been compared. In the second, residential electric and magnetic field exposures of children and adults who developed cancer have been compared to exposures of people without cancer. Some studies of both types have shown statistically significant associations between exposure to fields and increased cancer rates, particularly of leukaemia and brain cancer. Other studies have not found such associations. The limitations of all these studies have led to controversy as to whether there is a real association between exposure to electric and/or magnetic fields and cancer.

(2) Other studies conducted on animals and cell cultures have shown that these fields can produce a variety of biological changes. These effects include changes in daily biological rhythms (circadian rhythms) and behaviour of exposed animals. Some studies have indicated that the effects of these fields may not be directly proportional to the field strength. Some of these effects are not observed as the field strength increases. Unfortunately the implications of these findings to human health have not been established.

Taken together, the findings derived from human epidemiology and from laboratory experiments on animals and cell cultures have resulted in the concern about health effects of 60 Hz fields. At this time, it is difficult to draw definitive conclusions about the effects of human exposure to these fields. Only further research can resolve the issue.

Are There Any Health Standards?

For electric and magnetic fields of 60 Hz there are no governmental health standards in Canada. As described in the previous section, this is due to the lack of a sufficient scientific basis to establish what such standards should be.

There are standards and proposals in a few countries. For instance, in the USSR electric fields up to 500 V/m are permitted in residences, and up to 15,000 V/m in accessible areas such as arable land, and magnetic fields of 1750 μT are permitted for 8 hours per day. In the United States, several state governments have regulated the maximum electric field strength at the edge of the right-of-way to the levels between 1 and 3 kV/m. Standards and proposals in other countries are similar. A comparison of these limits with the fields in various environments in North America is given in Tables 1 and 2. If we adopted a similar standard in Canada, it would not change in any way the exposure of people. Exposure of Canadians to 60 Hz fields from high-voltage transmission lines is generally limited because of design and siting criteria adopted by utility companies in Canada.

What About Further Research?

There is an increased awareness and recognition among health authorities and utility companies in various countries that the question of possible health effects, and specifically a possible association of cancer with exposure to electric and magnetic fields, needs an intensified research effort. Three types of studies are now in progress, namely:

(1) an assessment of actual exposure (that is, how strong are the fields that people experience and for how long) in various occupational and environmental settings,

(2) epidemiological studies with improved information on actual exposures, and

(3) animal and cell culture experiments specifically aimed at answering whether cancer development is associated with exposure to electric and magnetic fields.

In Canada, the Department of National Health and Welfare, electric utilities and other organizations are actively conducting scientific research. Occurrences of cancer in Canadian workers in utility companies are being investigated by an epidemiologic study sponsored by the utility companies. Globally, within the next four to five years, a much clearer picture should evolve, that would allow us to better evaluate the health risk.

In Summary

(1) Generation, transmission and use of electricity are associated with production of electric and magnetic fields at 60 Hz. People are exposed to these fields not only when they are under high-voltage lines, but also in their homes, because such fields are produced by distribution lines, house wiring and by all electrical appliances and other electrical devices.

(2) The available scientific evidence on health effects of these fields is inconsistent and inconclusive. Some epidemiological studies suggest a possible association between increased risks of certain cancers and exposure to magnetic and/or electric fields. Also, some experiments with animals and cells show that these fields can interact with biological systems. It has not been well established, but some of these interactions may have detrimental consequences.

(3) Some of the experimental data indicate that a stronger field is not necessarily more dangerous. Some effects occur for weaker fields, but not for stronger ones.

(4) Recently an increased research effort has been undertaken, with the hope of resolving these health issues.

Suggested Further Reading:

1. M.G. Morgan. "Electric and Magnetic Fields from 60 Hertz Electric Power: What do we know about possible health effects." Available from: Dept. of Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213.

2. R.I. Kavet and R.S. Banks. "Emerging Issues in Extremely-Low-Frequency Electric and Magnetic Field Health Research". Environmental Research, Vol.39, pp.386-404, 1986.

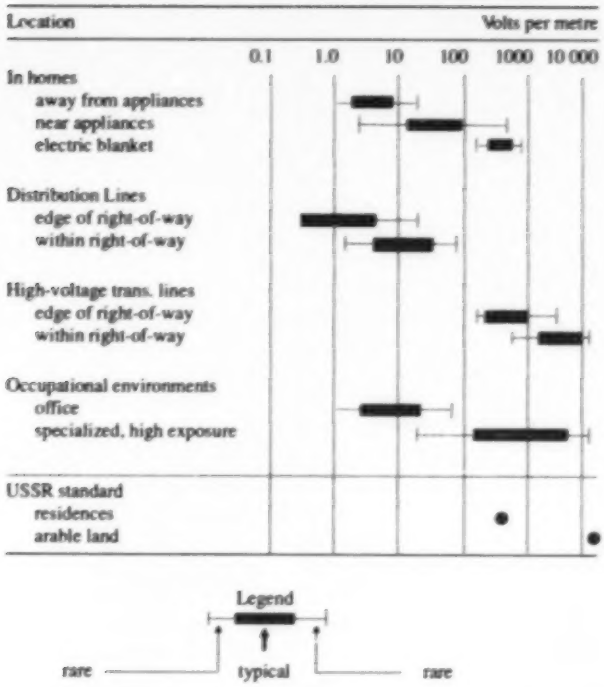
3. T.S. Tenforde and W.T. Kaune. "Interaction of Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields with Humans". Health Physics, Vol.53, pp.585-606, 1987.

4. T.E. Aldrich and C.E. Easterly. "Electromagnetic Fields and Public Health". Environ. Health Perspectives, Vol.75, pp.159-171, 1987.

5. World Health Organization, Environmental Health Criteria 35. "Extremely Low Frequency (ELF) Fields". Geneva, 1984.

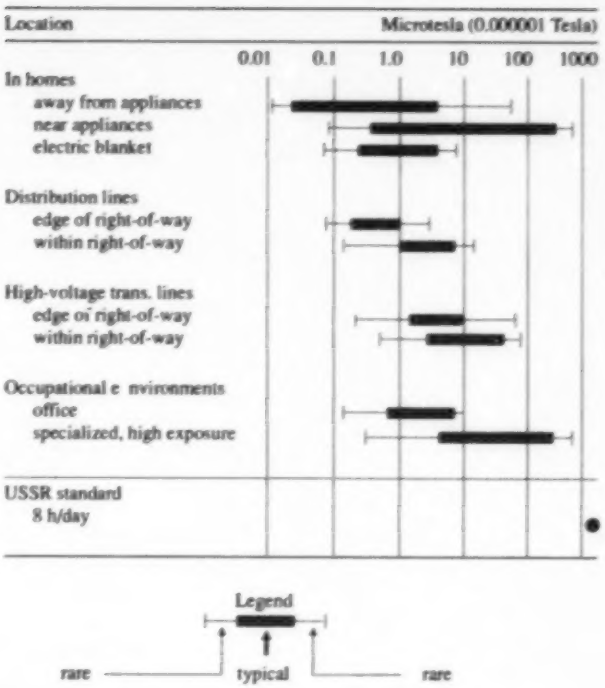
6. World Health Organization, Environmental Health Criteria 69, "Magnetic Fields", Geneva, 1987.

Table 1.
Electric Field



(This table has been adopted from WEST Associates Report ET-84-11, 1986.)

Table 2.
Magnetic Field



(This table has been adopted from WEST Associates Report ET-84-11, 1986.)

Appendices

Appendix A

List of Members of the Working Group on ELF Electric and Magnetic Fields

Dr. Maria A. Stuchly
Chairman of the Working Group
Health and Welfare Canada
Room 233
Environmental Health Centre
Tunney's Pasture
Ottawa, Ontario K1A 0L2
(613) 954-0306

Mr. Jim Bolan
CUPE Local 1000
Health and Safety Officer
244 Eglinton Avenue East
Toronto, Ontario M4P 1K2
(416) 481-4491

Alternative from January 1, 1989
Mr. David J. Shier
CUPE Local 1000
Health and Safety Officer
244 Eglinton Avenue East
Toronto, Ontario M4P 1K2
(416) 481-4491

Mr. Gary Cwitco
National Representative, CWC
Suite 201
25 Cecil Street
Toronto, Ontario M5T 1N1
(416) 977-6678

Mr. Raymond A. Del Bianco
Program Manager
Transmission Systems R&D
Canadian Electrical Association
Suite 500
1 Westmount Square
Montreal, Quebec H3Z 2P9
(514) 937-6181

Dr. Yang Mao
Bureau of Non-Communicable Disease Epidemiology
Laboratory Centre for Disease Control
Health and Welfare Canada
Tunney's Pasture
Ottawa, Ontario K1A 0L2
(613) 975-1765

Dr. A.M. Muc
Supervisor
Non-Ionizing Radiation Safety
Radiation Protection Service
Occupational Health and Safety Division
Ontario Ministry of Labour
Present Address:
Safety Services
Ontario Hydro
757 McKay Road
Pickering, Ontario L1W 3C8
(416) 683-7516 ext. 3264

From Nov. 88 Replaced by:
Dr. Maurice E. Bitran
Supervisor
Non-Ionizing Radiation
Radiation Protection Service
Occupational Health and Safety Division
Ontario Ministry of Labour
81 Resources Road
Weston, Ontario M9P 3T1
(416) 965-8178

Mr. Dennis Novitsky
Radiation Health Section
Alberta Occupational Health and Safety
4th Floor, Donsdale Place
10709 Jasper Avenue
Edmonton, Alberta T5J 3N3
(403) 427-2691

Dr. Robert Phillips
Division of Hematology
Hospital for Sick Children
555 University Avenue
Toronto, Ontario M5G 1X8
(416) 598-6530

Dr. Michel Plante
Direction Santé et Sécurité
Hydro-Quebec
75 René-Lévesque Blvd. West
Montreal, Quebec H2Z 1A4
(514) 289-3039

Dr. Sol E. Sax
Health and Safety Division
Ontario Hydro
Suite H2 E27
700 University Avenue
Toronto, Ontario M5G 1X6
(416) 592-2200

Dr. Gilles Thériault
Director
School of Occupational Health
McGill University
1130 Pine Avenue West
Montreal, Quebec H3A 1A3
(514) 392-4541

Appendix B

Group Activities

The Working Group met four times, March 23, July 6, November 26 and 27, 1987, and January 5, 1989. The following was accomplished.

1. Review of ongoing and planned research in the U.S. and Canada.

2. Identification of key research issues (Appendix C).

3. Receipt from the Canadian Centre for Occupational Health and Safety of a bibliography of Soviet and Eastern European research.

4. Letters sent to industry and funding agencies drawing their attention to the need for research on bioeffects of electric and magnetic fields and possible targeting of funds for such research (Appendix D).

5. Preparation of a document for the Canadian public on the state of scientific understanding of health effects of fields produced by the generation and use of electricity.

Conclusions

Based on reviews of current knowledge by groups of acknowledged experts (Appendix E) and more recent publications, the Working Group reached the following conclusions by consensus:

1. There is evidence from epidemiological studies suggesting that exposure to magnetic fields may be associated with increased incidence of cancer, primarily leukaemia and brain cancer, in children.

2. There is some evidence that occupational exposures to electric and magnetic fields increase rates of some cancers, in particular brain tumours and leukaemia.

3. By epidemiological standards, the reported increased risks seem to be low to moderate.

4. Experimental studies on carcinogenesis in animals are insufficient to evaluate potential carcinogenicity.

5. *In vitro* assays have failed to demonstrate any genetic damage.

6. There is mixed evidence on animal reproduction; at the present time, the majority of experiments indicate that reproduction, growth and development are not affected by exposure to electric and magnetic fields.

7. Although various biological effects (cancer aside) have been demonstrated in numerous systems, at this time it does not appear that these effects are health problems.

Recommendations

1. The Working Group considers that additional research effort should be undertaken in Canada to resolve whether there is association between exposure to 60 Hz electric and magnetic fields and an increased risk of cancer. The Working Group recommends that:

(i) the Department of National Health and Welfare intensify its participation in its ongoing research, and

(ii) an Advisory Committee be established to advise on the research. The Advisory committee will be available to review research proposals, comment and make recommendations. It is suggested that this committee comprise representatives of all interested parties, i.e. industry, labour, academia and government. Additional technical experts will be asked to serve as consultants to the AC when required.

2. The Working Group considers that workers and the general public need to be informed on current understanding of health effects of electric and magnetic fields. The Working Group recommends that the Department of National Health and Welfare publish this report and the Working Group's document entitled "Electric and Magnetic Fields and Your Health".

Appendix C

Key Research Issues

The Working Group has selected the following directions of investigation as the most critical at the present time: cancer epidemiology, exposure assessment and *in vivo* animal cancer studies. All three areas are considered equally important and were unanimously selected by all group members. There are now under way epidemiological studies and exposure assessment studies, both in Canada and abroad. However, there appear to be no comprehensive *in vivo* studies being carried out at present.

APPENDIX D

Letters to Industry and Granting Agencies

Copy of letter sent to industry:

Dear ...

Re: Working Group on Electromagnetic Fields

There has been increased concern regarding health effects of electromagnetic fields produced by power lines. A Working Group has been formed to assess the existence and scope of health effects of electric and magnetic fields related to the generation and use of electricity in order to identify knowledge gaps, foster research to fill these gaps, and educate the Canadian public on the state of scientific understanding. Members of the group represent utility companies, Canadian labour, academia, and federal and provincial governments.

I would like to request that your organization provide us with information about existing and planned research projects in this field. We would also be glad to provide you with comments and/or a list of expert reviewers for planned projects, if you so desire.

Thank you for your cooperation.

Yours sincerely,

M.A. Stuchly
Chairman
Working Group on Electromagnetic Fields

Sent to:

Mr. Donald Mills
Mr. E.M. Ezer
Mr. Robert Wilson
Mr. Daniel Dubeau

Copy of letter sent to funding agencies:

Dear ...

Re: 60 Hz Electromagnetic Fields

Health and Welfare Canada has established a working group to examine the issue of health effects of 60 Hz electromagnetic fields. It has examined much of the literature and realizes there is a strong need to elucidate some areas where knowledge is missing, inconsistent, or suggestive of some effects. Therefore, this working group requests you to bring the issue of 60 Hz - field health effects to the attention of your grants panels and research advisory committees. In particular, effects relating to cancer induction or promotion would be especially important.

In addition, the working group would be pleased to provide you with a list of reviewers who are knowledgeable in this area, and who could review any research proposals that you might receive.

Thank you for your cooperation. We hope that more research funds will be available to pursue research in this important area.

Yours sincerely,

M.A. Stuchly, Ph.D.
Chairman
Working Group on Electromagnetic Fields

Sent to list as follows:

Funding Agencies
Occupational Health and Safety
(*Only for residents of the province)

1. Natural Sciences and Engineering Council of Canada
   200 Kent Street
   Ottawa, Ontario, K1A 1H5

2. Medical Research Council of Canada
   20th Floor, Jeanne Mance Building
   de l'Églantine Street
   Ottawa, Ontario, K1A 0W9

3. Extramural Research Programs Directorate
   Health and Welfare Canada
   Ottawa, Ontario, K1A 1B4

4. Technology Impact Research Fund
Labour Canada
Ottawa, Ontario, K1A 0J2

5. National Cancer Institute
1001 - 13 Bloor Street West
Toronto, Ontario, M5S 2V7

6. Société de recherche sur le cancer
C.P. 183
Place Bonaventure
Montréal (Québec) H5A 1A9

7. Mr. E.L. Trelford, Manager
Advisory Service on Occupational Health and Safety
Standards and Programs Branch
Ontario Ministry of Labour
5th Floor, 434 University Avenue
Toronto, Ontario, M7A 1T7

8. Canadian Electrical Association
Suite 500, 1 Westmount Square
Montreal, Quebec, H3Z 2P9

9. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec*
505, boul. de Maisonneuve ouest
15e étage
Montréal (Québec) H3A 3C2

10. Fonds de recherche en santé du Québec (FRSQ)*
Bureau 1950, 550, rue Sherbrooke ouest
Montréal (Québec) H3A 1B9

11. Alberta Environment Research Trust*
8th Floor, J.J. Bowlen Building
620 - 7th Avenue S.W.
Calgary, Alberta, T2P 0Y8

12. Alberta Heritage Foundation for Medical Research*
3125 ManuLife Place
10180 - 101 Street
Edmonton, Alberta, T5J 3S4

13. Occupational Health and Safety Heritage Grant Program*
Occupation Health and Safety Division
5th Floor, 10709 Jasper Avenue
Edmonton, Alberta, T5J 3N3

14. B.C. Health Care Research Foundation
Research Secretariat of B.C.
100 - 3700 Gilmore Way
Burnaby, British Columbia, V5G 4M1

Appendix E

Review Publications

1. Biological Effects of Power Line Fields. New York State Powerline Project. Scientific Advisory Panel Final Report. July 1, 1987.

2. Extremely Low Frequency (ELF) Fields. Environmental Health Criteria 35. World Health Organization, Geneva, 1984.

3. Magnetic Fields. Environmental Health Criteria 69. World Health Organization, Geneva, 1987.

4. Electric and Magnetic Fields at Extremely Low Frequencies: Interactions with Biological Systems. In: Nonionizing Radiation Protection, World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen, 1987 (in press).

5. Biological and Human Health Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields. Report of the Committee of American Institute of Biological Sciences, Arlington, VA, March 1985.

6. Biological Effects of 60 Hz Power Transmission Lines. Dept. of Environmental Regulations, The Florida State Electric and Magnetic Fields Science Advisory Committee, 1985.

7. A Critical Review of the Scientific Literature on Low Frequency Electric and Magnetic Fields: Assessment of Possible Effects on Human Health and Recommendations for Research. Energy Task Force ET8411, WEST Associates, 1986.

Santé et Bien-être social Canada
Health and Welfare Canada

Canada

89-DHM-150

Votre santé et les champs électromagnétiques

Rapport du Groupe de travail sur les champs électriques et magnétiques mégamétriques

Direction de l'hygiène du milieu
Direction générale de la protection de la santé

Publication autorisée par le
ministre de la Santé nationale et du Bien-être social
Mai 1989

Also available in English under the title
"Electric and Magnetic Fields and Your Health"

On peut obtenir des exemplaires de ce rapport auprès de la:
Direction des communications
Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social
5e étage
Immeuble Brooke-Claxton
Ottawa (Ontario)
K1A 0K9

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1990
N° de cat. H46-2/89-150F
ISBN 0-662-95633-8

Préface

De plus en plus, on se soucie des effets que les champs électromagnétiques mégamétriques, c'est-à-dire à fréquence extrêmement basse (1-300 Hz), ont sur la santé, notamment les champs produits par les lignes d'alimentation en électricité. En réponse à une requête adressée au ministre de la Santé nationale et du Bien-être social par le monde syndical canadien et aux recommandations des participants à une réunion organisée par le Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux, qui a eu lieu à Toronto le 29 octobre 1986, un groupe de travail a été créé par le directeur général de la Direction de l'hygiène du milieu. Ce groupe se compose de représentants des syndicats canadiens, des services publics, des universités, ainsi que du gouvernement fédéral et des administrations provinciales. Une liste des membres et de leurs affiliations est fournie à l'Annexe A.

Le Groupe a reçu le mandat d'évaluer l'existence et la portée des effets sur la santé des champs électromagnétiques associés à la production et à la consommation d'électricité. Il avait comme objectifs d'identifier les domaines où nos connaissances sont insuffisantes, d'encourager la recherche pour combler ces lacunes et de communiquer au public canadien notre savoir scientifique sur la question.

Le présent document a été préparé pour renseigner le public canadien sur les effets sanitaires de l'exposition à des champs électromagnétiques à 60 Hz. Des rapports sur les activités, les conclusions et les recommandations du Groupe de travail sont annexés. Rédigé par le Groupe de travail, le présent document reflète l'opinion de la majorité des membres. La Direction générale de la protection de la santé a consacré un numéro d'*Actualités* à la question et publiera *Les champs électromagnétiques* à l'intention du public, des médias et des groupes d'intérêt spéciaux.

Table des matières

		Page
Préface		2
Introduction		5
À quoi les gens sont-ils exposés?		5
Quelle est l'intensité de ces champs?		5
Comment ces champs sont-ils perçus?		6
Les champs électromagnétiques ont-ils des effets sur la santé?		6
Existe-t-il des normes pour la santé?		6
Et la recherche?		7
En résumé		8
Lectures suggérées		9
Annexes		
A	Liste des membres du Groupe de travail	11
B	Activités, conclusions et recommandations du Groupe de travail	12
C	Questions de recherche prioritaires	13
D	Lettres adressées à l'industrie et aux organismes subventionnaires	14
E	Revue des publications	15

Introduction

On imagine mal notre quotidien sans électricité. Les lignes de transport à haute tension et les lignes de distribution moins imposantes font partie de notre environnement. Au foyer, nous sommes habitués aux nombreux appareils électroménagers et autres, comme les postes de télévision ou de radio, qui sont alimentés à l'électricité. Ces dernières années, suite à des études scientifiques et à des reportages des médias, de nombreuses personnes se sont demandées si les champs magnétiques et électriques trouvés à proximité des lignes d'alimentation en électricité, des électroménagers et d'autres appareils électriques pourraient avoir des effets nocifs sur la santé.

Nous examinerons ici les champs associés à la production, au transport et à la consommation d'électricité auxquels les gens sont exposés. En outre, nous décrirons brièvement des effets sanitaires connus, passerons en revue les normes existantes et, enfin, indiquerons quelles questions restent sans réponse.

À quoi les gens sont-ils exposés?

L'électricité produite dans une centrale est transportée jusqu'aux foyers, aux bureaux et aux usines par des systèmes divers allant des lignes de transport à haute tension à des lignes de distribution (l'expression "lignes d'alimentation en électricité" s'applique tant aux lignes de transport qu'aux lignes de distribution). Le niveau des lignes à haute tension peut varier de 110 à 735 kilovolts (kV). Les lignes de distribution ont une tension inférieure, variant de 110 V à 110 kV selon leur position dans le réseau. Elles apportent l'électricité aux maisons, aux écoles, aux usines et aux autres établissements. Au Canada, la plupart des lignes à haute tension portent du courant alternatif (CA), et quelques-unes seulement du courant direct (CD). Comme son nom l'indique, le courant alternatif ne circule pas de manière continuelle; il s'inverse plutôt 60 fois par seconde (60 hertz ou Hz).

Des champs de deux types sont associés à l'électricité, soit le champ électrique et le champ magnétique. Le premier varie avec la tension, l'autre avec le courant.

Un champ électrique est produit chaque fois que deux objets ont un potentiel électrique différent (tension). L'intensité du champ électrique s'exprime en volts par mètre (V/m) ou en kilovolts par mètre (kV/m). À noter que 1 kV/m = 1 000 V/m.

Un champ magnétique est produit chaque fois qu'un courant passe dans un conducteur, par exemple dans un conducteur à haute tension, ou encore dans le fil d'un appareil électrique. L'intensité du champ magnétique dépend de la quantité de courant transporté par le conducteur et de la distance du point de mesure à ce conducteur. Le champ magnétique est fréquemment exprimé en unités différentes telles que le tesla (T) ou le gauss (G). À noter que:

1 T = 10 000 G.

Une unité plus petite, le microtesla (μT) est souvent utilisée; elle correspond à un millionième de tesla. Un microtesla est égal à un centième de gauss.

Puisque les champs électrique et magnétique sont tous deux associés aux lignes de transport et aux appareils électriques, tout le monde est exposé à des champs électriques et magnétiques à 60 Hz.

Quelle est l'intensité de ces champs?

Les champs électromagnétiques à 60 Hz résultent le plus souvent de sources artificielles. Leur intensité est à son plus fort à proximité de la source (p. ex., une ligne d'alimentation en électricité ou un appareil électrique) et s'atténue rapidement avec la distance.

Le plus puissant champ électrique auquel le grand public peut être exposé au Canada est d'environ 10 kV/m. Des champs de cette intensité peuvent exister sous certaines lignes de transport à haute tension. Au Canada, l'intensité du champ électrique hors de l'emprise des lignes de transport à haute tension ne dépasse généralement pas 1 kV/m. L'emprise est un couloir obligatoire sous une ligne électrique, dans lequel il est interdit d'ériger des constructions permanentes et de les occuper. Les ouvriers de certains métiers de l'électricité (p. ex., l'entretien des lignes d'alimentation en électricité) sont exposés à des champs électriques plus intenses. Le Tableau 1 résume des données sur des champs électriques caractéristiques de milieux divers. L'intensité du champ s'atténue rapidement

avec l'éloignement de la source. En outre, la présence d'arbres et d'immeubles a pour effet de réduire davantage le champ électrique.

Les champs magnétiques les plus intenses ne sont habituellement pas associés à des lignes de transport à haute tension comme c'est le cas des champs électriques; ils sont plutôt observés dans des lieux de travail où l'on utilise des courants intenses, par exemple pour la soudure à l'arc, le chauffage par induction et le fonctionnement de certains moteurs électriques. Au foyer, les champs magnétiques les plus intenses se trouvent autour de certains appareils électriques. Le Tableau 2 résume des données sur les champs magnétiques. Il convient de noter que l'intensité d'un champ magnétique peut ne pas être plus élevée dans une maison située à proximité d'une ligne de transport d'énergie à haute tension que dans une maison très éloignée de cette source, puisqu'elle peut dépendre beaucoup plus de la ligne de distribution et du circuit électrique de la maison que de la ligne de transport.

Comment ces champs sont-ils perçus?

Les champs électriques et les champs magnétiques induisent de faibles courants électriques dans notre corps. La configuration de ces courants diffère selon qu'il s'agit de l'un ou de l'autre des champs. Les champs électriques intenses peuvent aussi causer la vibration des poils et être à l'origine d'une sensation de picotement sur la peau. De cette façon, les gens peuvent percevoir des champs électriques intenses (plus de 10 kV/m chez la plupart des gens).

Lorsque des objets conducteurs comme des véhicules sont placés sous une ligne de transport à haute tension, une charge électrique (tension) est induite. Si une personne touche à un tel objet, un courant circule alors de l'objet au sol en passant par cette personne. Si la charge est assez forte (dans le cas de gros objets et de champs intenses), la personne subit un choc ou une décharge électrique. Il existe des normes concernant l'installation de structures et de clôtures de métal afin de limiter les charges et d'empêcher que les gens soient exposés à des chocs dangereux.

Les champs électromagnétiques ont-ils des effets sur la santé?

Bon nombre de recherches ont été faites dans de nombreux pays pour déterminer si l'exposition à des champs électriques et magnétiques à 60 Hz pouvait avoir des effets sur la santé. Entre autres, on a effectué des études médicales sur l'état de santé des travailleurs des services publics, des évaluations épidémiologiques de diverses populations humaines, et des expériences en laboratoire sur des animaux et des cellules isolées. Récemment encore, les essais en laboratoire étaient concentrés sur l'exposition à des champs électriques. La plupart des études n'ont pas démontré la présence d'effets biologiques susceptibles de nuire à la santé, mais quelques-unes ont révélé que l'exposition à certains champs électriques ou magnétiques peut présenter des risques sanitaires. Les grands points de ces études sont les suivants:

(1) Les études épidémiologiques, c'est-à-dire des études de la distribution et des causes de décès et de maladie chez des populations humaines, ont été axées sur une association possible entre l'exposition à des champs à 60 Hz et le cancer. Deux types de recherches ont été effectuées. En premier lieu, on a comparé la fréquence des décès et des cancers chez les "travailleurs de l'électricité" qui, a-t-on supposé, étaient exposés à des champs magnétiques et électriques, et chez des membres d'autres catégories d'emploi. En second lieu, on a comparé les champs électriques et magnétiques dans des foyers d'adultes et d'enfants atteints de cancer à ceux des foyers d'une population témoin. Dans ces deux types d'études, certaines ont démontré des associations statistiquement significatives entre l'exposition à des champs et des taux accrus de cancer, tout particulièrement de leucémie et de cancer du cerveau; et d'autres n'ont révélé aucune association semblable. Les limites de toutes ces études ont provoqué une controverse sur l'existence d'une association réelle entre l'exposition à des champs électriques ou magnétiques et le cancer.

(2) D'autres recherches effectuées sur des animaux et des cultures cellulaires ont montré que ces champs peuvent induire divers changements biologiques, notamment des variations des rythmes biologiques quotidiens (rythmes circadiens) et des changements de comportement chez des animaux exposés. Des études ont démontré que les effets de ces champs ne sont pas forcément directement proportionnels à l'intensité du champ. Certains effets ne sont plus observés lorsque l'intensité s'accroît. Malheureusement, les conséquences de ces observations pour la santé humaine n'ont pas été définies.

Tous résultats confondus, les études épidémiologiques chez l'humain et les expériences de laboratoire sur des animaux et des cultures cellulaires ont soulevé des questions quant aux effets sanitaires des champs à 60 Hz. Pour l'instant, il est difficile de tirer des conclusions décisives sur les effets de l'exposition humaine à ces champs. La recherche doit se poursuivre.

Existe-t-il des normes pour la santé?

Au Canada, il n'existe aucune norme gouvernementale de santé pour les champs électriques et magnétiques à 60 Hz. Comme nous l'avons expliqué à la rubrique précédente, cela s'explique par l'absence de données scientifiques qui permettraient de fixer de telles normes.

Il existe des normes et des projets de normes dans quelques pays. Ainsi, en URSS, on tolère des champs électriques allant jusqu'à 500 V/m dans les résidences, et jusqu'à 15 000 V/m dans des secteurs accessibles comme les terres arables; et des champs magnétiques de 1 750 µT pendant 8 heures par jour. Aux États-Unis, plusieurs États ont adopté des règlements selon lesquels l'intensité maximale des champs électriques à la limite des emprises doit se situer entre 1 et 3 kV/m. D'autres pays ont des normes et des projets semblables. Les Tableaux 1 et 2 font un parallèle entre ces limites et les champs observés dans différents environnements de l'Amérique du Nord. Si le Canada adoptait une norme analogue, cela n'aurait aucune incidence sur l'exposition de la population à ces champs.

Compte tenu des critères de conception et d'emplacement appliqués par les services publics du Canada, l'exposition des Canadiens à des champs à 60 Hz produits par des lignes de transport à haute tension est généralement limitée.

Et la recherche?

Les autorités sanitaires et les responsables des services publics de divers pays sont de plus en plus conscients de la nécessité d'intensifier la recherche sur les effets sanitaires possibles d'une exposition à des champs électriques et magnétiques, et plus particulièrement sur un lien possible entre le cancer et une telle exposition. À cet égard, trois types d'études sont en cours, à savoir:

(1) une évaluation de l'exposition réelle (c'est-à-dire de l'intensité des champs auxquels les gens sont soumis, et la durée de l'exposition) dans divers milieux de travail et autres environnements;

(2) des études épidémiologiques s'appuyant sur de meilleures données sur l'exposition réelle;

(3) et, enfin, des expériences menées sur des animaux ainsi qu'en culture cellulaire, dans le but précis de déterminer si l'apparition d'un cancer est associée à une exposition à des champs électriques et magnétiques.

Au Canada, le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, les producteurs d'électricité et d'autres organismes dirigent activement des recherches scientifiques. La fréquence des cas de cancer chez les travailleurs canadiens au service des producteurs d'électricité fait l'objet d'une étude épidémiologique parrainée par ces derniers. Dans l'ensemble, nous devrions avoir une meilleure idée de la question d'ici quatre à cinq ans et, de ce fait, être mieux placés pour évaluer les risques sanitaires.

En résumé

(1) La production, le transport et la consommation d'électricité sont associés à la manifestation de champs électriques et magnétiques à 60 Hz. Les gens sont exposés à ces champs non seulement lorsqu'ils se trouvent sous une ligne à haute tension, mais aussi lorsqu'ils sont chez eux, puisque ces champs sont produits par les lignes de distribution, les circuits électriques des maisons, ainsi que par tous les électroménagers et autres appareils électriques.

(2) Les données scientifiques rassemblées sur les effets sanitaires de ces champs sont incohérentes et non concluantes. Des études épidémiologiques suggèrent un lien possible entre des risques accrus de certaines formes de cancer et une exposition à des champs magnétiques ou électriques. Des expériences faites sur des animaux et des cultures cellulaires montrent en outre que ces champs peuvent agir sur des fonctions biologiques. Le point n'a pas été démontré de façon décisive, mais il se peut que certaines de ces interactions aient des conséquences néfastes.

(3) Selon des expériences, un champ plus intense n'est pas forcément plus dangereux. Certains effets sont associés à des champs de faible intensité, et non pas avec ceux d'intensité supérieure.

(4) Récemment, on a accentué la recherche dans l'espoir de résoudre ces questions.

Lectures suggérées:

1. M.G. Morgan. "*Electric and Magnetic Fields from 60 Hertz Electric Power: What do we know about possible health effects*". Offert par: *Dept. of Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213.*

2. R.I. Kavet et R.S. Banks. "*Emerging Issues in Extremely-Low-Frequency Electric and Magnetic Field Health Research*". *Environmental Research, vol. 39, p. 386-404, 1986.*

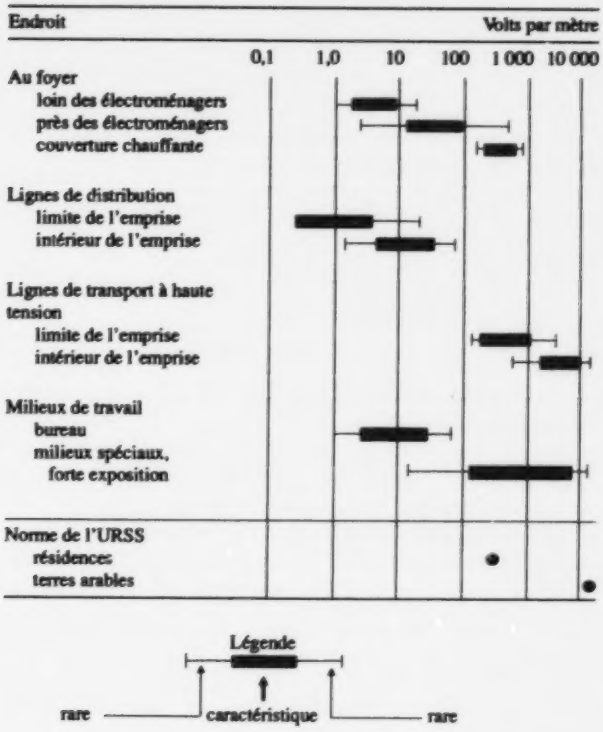
3. T.S. Tenforde et W.T. Kaune. "*Interaction of Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields with Humans*". *Health Physics, vol. 53, p. 585-606, 1987.*

4. T.E. Aldrich et C.E. Easterly. "*Electromagnetic Fields and public Health*". *Environ. Health Perspectives, vol. 75, p. 159-171, 1987.*

5. Organisation mondiale de la santé, Critères d'hygiène de l'environnement, n° 35. "*Extremely Low Frequency (ELF) Fields*". Genève, 1984.

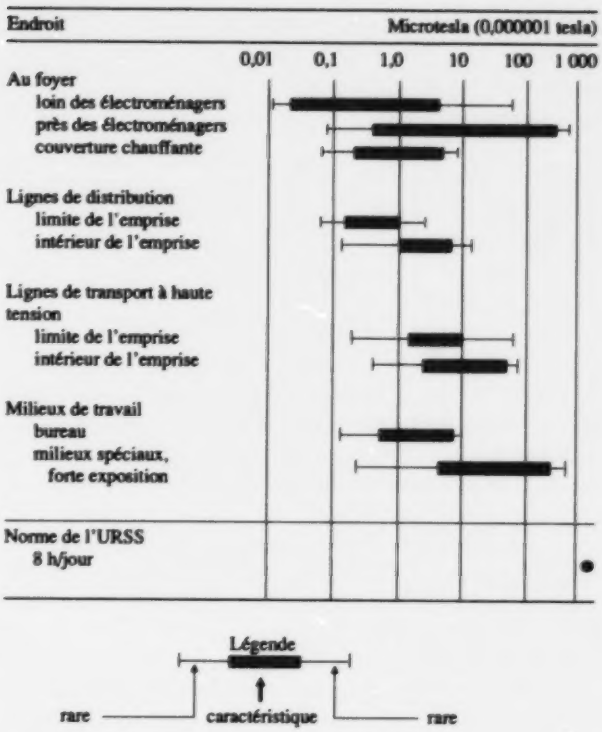
6. Organisation mondiale de la santé, Critères d'hygiène de l'environnement, n° 69, "*Magnetic Fields*", Genève, 1987.

Tableau 1.
Champs électriques



(Tableau adapté du rapport ET-84-11, 1986, de *WEST Associates*)

Tableau 2.
Champs magnétiques



(Tableau adapté du rapport ET-84-11, 1986, de *WEST Associates*)

Annexes

Annexe A

Liste des membres du
Groupe de travail sur les champs électriques et magnétiques mégamétriques

Dr Maria A. Stuchly
Présidente du Groupe de travail
Santé et Bien-être social Canada
Pièce 233
Centre d'hygiène du milieu
Pré Tunney
Ottawa (Ontario) K1A 0L2
(613) 954-0306

M. Jim Bolan
S.C.F.P., local 1000
Agent de santé et de sécurité
244, av. Eglinton est
Toronto (Ontario) M4P 1K2
(416) 481-4491

En remplacement possible à compter du 1er janvier 1989:
M. David J. Shier
S.C.F.P., local 1000
Agent de santé et de sécurité
244, av. Eglinton est
Toronto (Ontario) M4P 1K2
(416) 481-4491

M. Gary Cwitco
Représentant national, STCC
Pièce 201
25 Cecil Street
Toronto (Ontario) M5T 1N1
(416) 977-6678

M. Raymond A. Del Bianco
Administrateur de programme
R&D, Systèmes de transport
Association canadienne de l'électricité
Pièce 500
1, Westmount Square
Montréal (Québec) H3Z 2P9
(514) 937-6181

Dr Yang Mao
Bureau de l'épidémiologie des maladies non transmissibles
Laboratoire de lutte contre la maladie
Santé et Bien-être social Canada
Pré Tunney
Ottawa (Ontario) K1A 0L2
(613) 975-1765

Dr A.M. Muc
Superviseur
Sécurité - Rayonnements non ionisants
Service de protection contre les rayonnements
Division de la santé et de la sécurité au travail
Ministère du Travail de l'Ontario
Adresse actuelle:
Services de sécurité
Hydro-Ontario
757 McKay Road
Pickering (Ontario) L1W 3C8
(416) 683-7516, poste 32645

En remplacement à compter de novembre 1988:
Dr Maurice E. Bitran
Superviseur
Rayonnements non ionisants
Service de protection contre les rayonnements
Division de la santé et de la sécurité au travail
Ministère du Travail de l'Ontario
81 Resources Road
Weston (Ontario) M9P 3T1
(416) 965-8178

M. Dennis Novitsky
Radiation Health Section
Alberta Occupational Health and Safety
4th Floor, Donsdale Place
10709 Jasper Avenue
Edmonton (Alberta) T5J 3N3
(403) 427-2691

Dr Robert Phillips
Division de l'hématologie
Hospital for Sick Children
555 University Avenue
Toronto (Ontario) M5G 1X8
(416) 598-6530

Dr Michel Plante
Direction Santé et Sécurité
Hydro-Québec
75, boul. René-Lévesque ouest
Montréal (Québec) H2Z 1A4
(514) 289-3039

Dr Sol E. Sax
Division de santé et sécurité
Hydro-Ontario
Suite H2 E27
700 University Avenue
Toronto (Ontario) M5G 1X6
(416) 592-2200

Dr Gilles Thériault
Directeur
École de médecine du travail
Université McGill
1130, av. des Pins ouest
Montréal (Québec) H3A 1A3
(514) 392-4541

Annexe B

Activités du groupe

Le Groupe de travail s'est rencontré quatre fois, soit le 23 mars, le 6 juillet, les 26 et 27 novembre 1987, et le 5 janvier 1989. Voici les résultats de ces rencontres.

1. Revue de la recherche en cours et des travaux prévus aux États-Unis et au Canada.

2. Identification des domaines essentiels de recherche (Annexe C).

3. Communication par le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail d'une bibliographie de la recherche menée en URSS et en Europe de l'Est.

4. Lettres adressées à l'industrie et aux organismes subventionnaires pour les sensibiliser à la nécessité de lancer des recherches sur les effets biologiques des champs électromagnétiques, ainsi qu'à l'affectation possible de fonds à ce type de recherche (Annexe D).

5. Préparation d'un document s'adressant au public canadien et faisant le point sur nos connaissances scientifiques en ce qui a trait aux effets sanitaires de champs associés à la production et à la consommation d'électricité.

Conclusions

D'après l'examen des connaissances actuelles par des groupes d'experts reconnus (Annexe E) et après avoir étudié des publications plus récentes, le Groupe de travail en est arrivé aux conclusions suivantes:

1. Des études épidémiologiques laissent entendre que l'exposition à des champs magnétiques peut être associée à une incidence accrue de cancer chez l'enfant, et principalement de leucémie et de cancer du cerveau.

2. On a relevé des signes selon lesquels l'exposition professionnelle à des champs électromagnétiques fait grimper le taux de certaines formes de cancer, en particulier de tumeurs cérébrales et de leucémie.

3. Selon les normes épidémiologiques, les risques accrus signalés semblent être de gravité faible à modérée.

4. Des expériences axées sur la carcinogenèse chez l'animal ne permettent pas d'évaluer la carcinogénicité potentielle des champs.

5. Les essais *in vitro* n'ont démontré la présence d'aucune atteinte génétique.

6. Au chapitre de la reproduction animale, les données sont contradictoires; pour l'instant, la majorité des expériences révèlent que la reproduction, la croissance et le développement ne sont pas touchés par l'exposition à des champs électromagnétiques.

7. Même si la présence de divers effets biologiques (sans compter le cancer) a été démontrée dans de nombreux systèmes, ces effets ne semblent pas représenter des problèmes de santé pour l'instant.

Recommandations

1. Le Groupe de travail est d'avis qu'il faut accentuer la recherche au Canada, afin de déterminer s'il existe un lien entre l'exposition à des champs électromagnétiques à 60 Hz et un risque accru de cancer. Il recommande donc:

i) que le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social intensifie sa participation à la recherche en cours,

ii) et qu'un comité consultatif soit mis sur pied pour donner des conseils en matière de recherche. Ce comité pourra étudier des projets de recherche, ainsi que formuler des commentaires et des recommandations. Il est proposé que ce comité se compose de représentants de toutes les parties intéressées, c'est-à-dire de l'industrie, des syndicats, des universités et des gouvernements. D'autres experts techniques seront invités à titre de consultants auprès du comité, selon les besoins.

2. Le Groupe de travail est d'avis que les travailleurs et le grand public doivent être informés des connaissances actuelles sur les effets sanitaires des champs électromagnétiques. Il recommande que le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social publie le présent rapport ainsi que le document qu'il a préparé et qui est intitulé "Votre santé et les champs électromagnétiques".

Annexe C

Questions de recherche prioritaires

À l'heure actuelle, le Groupe de travail juge que les questions suivantes sont les plus critiques: épidémiologie du cancer, évaluation de l'exposition et études *in vivo* du cancer chez l'animal. Ces trois domaines sont considérés d'importance égale et ont été retenus unanimement par les membres du Groupe de travail. Des études épidémiologiques, ainsi que des études d'évaluation des expositions, se déroulent présentement tant au Canada qu'à l'étranger. Pour l'instant, il ne semble toutefois y avoir aucune recherche *in vivo* exhaustive.

Annexe D

Lettres adressées à l'industrie et aux organismes subventionnaires

Copie d'une lettre adressée à l'industrie:

Cher ...,

Objet: Groupe de travail sur les champs électromagnétiques

On se préoccupe de plus en plus des effets que peuvent avoir sur la santé les champs électromagnétiques produits par les lignes de haute tension. Un groupe de travail a été mis sur pied afin d'évaluer l'existence et l'étendue des effets sur la santé des champs électriques et magnétiques associés à la génération et à l'utilisation d'électricité, dans le but d'établir le manque de renseignements sur cette question, de favoriser des recherches afin de combler ces lacunes et de mettre la population canadienne au fait à ce sujet. Les membres du groupe de travail ont été recrutés de différents secteurs: compagnies de services publics, secteur du travail, universités, et administrations fédérale et provinciales.

Je vous demanderais de me signaler les projets de recherche que votre organisme a effectués dans ce domaine ou compte entreprendre. Nous nous ferons un plaisir, si cela peut vous être utile, de vous faire part de nos commentaires sur ces travaux et de vous communiquer une liste d'experts qui pourraient examiner les projets que vous comptez entreprendre.

Je vous remercie à l'avance de votre collaboration.

Veuillez agréer, Monsieur, mes salutations distinguées.

Sincèrement,

M.A. Stuchly
Président du Groupe de travail
sur les champs électromagnétiques

Envoyée à:

M. Donald Mills
M. E.M. Ezer
M. Robert Wilson
M. Daniel Dubeau

Copie d'une lettre envoyée aux organismes subventionnaires

Cher ...,

Objet: Champs électromagnétiques de 60 Hz

Le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social a mis sur pied un groupe de travail chargé d'étudier la question des effets sur la santé des champs électromagnétiques de 60 Hz. Après avoir passé en revue une bonne partie de la documentation sur la question, le groupe de travail est venu à la conclusion qu'il y aurait lieu de pousser les recherches sur les points pour lesquels il manque des données ou lorsque celles-ci manquent du cohérence, ainsi que sur les secteurs où l'on aurait noté des effets. C'est pourquoi je vous demanderais, au nom du groupe de travail, de bien vouloir porter cette question à l'attention de vos comités responsables de l'attribution des subventions et des travaux de recherche. Il serait particulièrement important de noter les effets relatifs à l'induction de cancers ou leur promotion.

De notre part, nous nous ferons un plaisir de vous transmettre une liste d'experts en la matière qui pourraient revoir les projets de recherche qui pourraient vous être soumis sur cette question.

Je vous remercie de votre collaboration et, comme les autres membres du groupe de travail, j'espère que plus de fonds pourront être débloqués pour des recherches sur cette question importante.

Veuillez agréer, Monsieur/Madame, mes salutations distinguées.

M.A. Stuchly, Ph.D.
Président du Groupe de travail
sur les champs électromagnétiques

Liste des organismes subventionnaires

Organismes subventionnaires
Santé et sécurité au travail
(*À caractère provincial seulement)

1. Conseil de recherches en sciences naturelles
   et en génie du Canada
   20, rue Kent
   Ottawa (Ontario) K1A 1H5

2. Conseil de recherches médicales du Canada
   Immeuble Jeanne-Mance, 20e étage
   Rue de l'Églantine
   Ottawa (Ontario) K1A 0K9

3. Direction des programmes de recherche extra-muros
Santé et Bien-être social Canada
Ottawa (Ontario) K1A 1B4

4. Programme sur les répercussions de la technologie
Travail Canada
Ottawa (Ontario) K1A 0J2

5. National Cancer Institute
1001 - 13 Bloor Street West
Toronto (Ontario) M5S 2V7

6. Société de recherche sur le cancer
C.P. 183
Place Bonaventure
Montréal (Québec) H5A 1A9

7. M. E.L. Trelford, Gestionnaire
Advisory Service on Occupational Health and Safety
Standards and Programs Branch
Ontario Ministry of Labour
5th Floor, 434 University Avenue
Toronto (Ontario) M7A 1T7

8. Association canadienne de l'électricité
1, Westmount Square, bureau 500
Montréal (Québec) H3Z 2P9

9. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec*
505, boul. Maisonneuve ouest
15e étage
Montréal (Québec) H3A 3C2

10. Fonds de recherche en santé du Québec (FRSQ)*
550, rue Sherbrooke ouest, bureau 1950
Montréal (Québec) H3A 1B9

11. Alberta Environment Research Trust*
8th Floor, J.J. Bowlen Building
620 - 7th Avenue S.W.
Calgary (Alberta) T2P 0Y8

12. Alberta Heritage Foundation for Medical Research*
3125 ManuLife Place
10180 - 101 Street
Edmonton (Alberta) T5J 3S4

13. Occupational Health and Safety Heritage Grant Program*
Occupation Health and Safety Division
5th Floor, 10709 Jasper Avenue
Edmonton (Alberta) T5J 3N3

14. B.C. Health Care Research Foundation
Research Secretariat of B.C.
100 - 3700 Gilmore Way
Burnaby (Colombie-Britannique) V5G 4M1

Annexe E

Revue des publications

1. *Biological Effects of Power Line Fields. New York State Powerline Project. Scientific Advisory Panel Final Report.* 1er juillet 1987.

2. *Extremely Low Frequency (ELF) Fields.* Critères d'hygiène de l'environnement, nº 35. Organisation mondiale de la santé, Genève, 1984.

3. Magnetic Fields. Critères d'hygiène de l'environnement, nº 69. Organisation mondiale de la santé, Genève, 1987.

4. Electric and Magnetic Fields at Extremely Low Frequencies: Interactions with Biological Systems. In: *Nonionizing Radiation Protection*, Organisation mondiale de la santé, Bureau régional de l'Europe, Copenhague, 1987 (sous presse).

5. Biological and Human Health Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields. *Report of the Committee of American Institute of Biological Sciences*, Arlington, VA, mars 1985.

6. *Biological Effects of 60 Hz Power Transmission Lines. Dept. of Environmental Regulations, The Florida State Electric and Magnetic Fields Science Advisory Committee*, 1985.

7. A Critical Review of the Scientific Literature on Low Frequency Electric and Magnetic Fields: Assessment of Possible Effects on Human Health and Recommendations for Research. *Energy Task Force ET8411, WEST Associates*, 1986.